昆蟲費洛蒙的開發與應用

洪巧珍[1]、陳清玉[2]、王文龍[1]、張志弘[1]、吳昭儀[1]、張慕瑋[1]

[1] 農委會農業藥物毒物試驗所。台中市霧峰區。臺灣。

[2] 國立嘉義大學應用化學系。嘉義市。臺灣。

摘　　要

昆蟲費洛蒙為昆蟲語言之一，利用氣味來溝通；因所引發的不同行為模式而有不同的費洛蒙種類如性費洛蒙、聚集費洛蒙、警戒費洛蒙等。為提供害蟲綜合管理體系中之費洛蒙資材，藥毒所經30餘年研發昆蟲費洛蒙產品及其田間應用技術，包括性費洛蒙誘引劑24種、聚集費洛蒙誘引劑1種、警戒費洛蒙2種、性費洛蒙交配干擾劑1種等，以及乾式誘蟲器10種及黏膠式誘蟲器1種；建立害蟲以費洛蒙防治之技術，透過講習會、觀摩會、產品展覽及現場輔導等教育推廣昆蟲費洛蒙之應用。本文分別簡述費洛蒙應用的研究探討，以及這些年來費洛蒙產品之開發與應用情形。

關鍵詞：性費洛蒙、聚集費洛蒙、警戒費洛蒙、誘蟲器、推廣

緒　　言

地球生物間廣泛存在「氣味」的溝通，維繫著許多的現象如昆蟲與寄主植物、天敵與害蟲、雌蟲與雄蟲等之關係，科學家將這種生物間用來傳遞訊息之化學物質統稱為化學傳訊素。此些物質透過鑑定、研究等，可利用來防治害蟲用。

世界上，昆蟲種類佔動物界約75%，數量也最多，與人類息息相關。如瓢蟲、寄生蜂等天敵之有益昆蟲，蜜蜂之有用昆蟲，鍬形蟲之休閒昆蟲，蚊子、蒼蠅等之衛生害蟲，其中植食性昆蟲成為農業害蟲。據估計，全世界農作物的生產，每年因病、蟲、草等有害生物的侵害，造成約 68%產量損失，僅蟲害一項的產量損失約達 18%。一般使用化學殺蟲劑防治害蟲，化學殺蟲劑具廣效性，對環境衝擊大。

而昆蟲性費洛蒙誘引劑在利用上具無毒性、種別專一性，微量即有效之特性，使其在害蟲防治上具安全、經濟有效、不污染環境之優點。其除了是防治害蟲的技術，如大量誘殺法及交配干擾防治法，亦能扮演協助建立害蟲綜合防治根基，如害蟲族群動態的了解等；及協助評估其他防治技術的效果，如調查天敵的建立狀況等。

農業藥物毒物試驗所 (藥毒所) 曾於 2005 年於科技計畫中就植物保護手冊上登錄的害蟲，進行文獻查詢其費洛蒙鑑定、研究之情形，經查文獻本國可應用之性費洛蒙重要害蟲包括蔬菜害蟲有玉米穗蟲 / 番茄夜蛾 (*Helicoverpa armigera*)、大菜螟 (*Crocidolomia binotalis*)、甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua*)、切根蟲 (*Agrotis ipsilon*)、斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura*)、蔬菜擬尺蠖 (*Trichoplusia ni*)、菜心螟 (*Hellula undalis*)、小菜蛾 (*Plutella xylostella*)。果樹及茶樹害蟲有赤圓介殼蟲 (檬果)(*Aonidiella aurantii*)、柑桔潛葉蛾 (*Phyllocnistis citrella*)、柑桔粉介殼蟲 (*Planococcus citri*)、瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae*)、果實蠅 (*Bactrocera dorsalis*)、葡萄捲葉蛾 (*Sparganothis pilleriana*)、南方綠椿象 (*Nezara viridula*)、茶捲葉蛾 (*Homona magnanima*)、茶姬捲葉蛾 (*Adoxophyes* sp.)、松毛蟲 (*Dendrolimus punctatus*)、茶蠶 (*Andraca bipunctata*)及茶毒蛾 (*Euproctis pseudoconspersa*)、小白紋毒蛾 (*Orgyia postica*)、桃折心蟲 (*Grapholita molesta*)、花姬捲葉蛾 (*Cydia notanthes*)、粗腳姬捲葉蛾 (*Cryptophlebia ombrodelta*)。雜糧及水稻害蟲有亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*)、甘藷蟻象 (*Cylas formacarius*)、黃螟 (*Tetramoera schistaceana*)、條螟(*Chilo sacchariphagus*)、瘤野螟 (*Cnaphalocrosis medinalis*)、水稻一點螟 (*Scirpophaga incertulas*)、二化螟 (*Chilo suppressalis*)、紫螟 (*Sesamia inferens*)、二點螟 (*Chilo infuscatellus*)。積穀害蟲有玉米象 (*Sitophilus zeamais*)、倉庫煙甲蟲 (*Lasioderma serricorne*)、*Cryptolestes pusillus*、*Crypturgus pusillus*、小紅鰹節蟲 (*Trogoderma granarium*)、角胸粉扁蟲 (*Cryptolestes ferrugineus*)、擬穀盜 (*Tribolium castaneum*)、外米綴蛾 (*Corcyra cephalonica*)、麥蛾 (*Sitotroga cerealella)*、綠豆象 (*Callosobruchus chinensis*)、穀蠹 (*Rhyzopertha dominica*)、美洲蜚蠊 (*Periplaneta Americana*)、米象 (*Sitophilus orizae*) 等 50 多種重要害蟲之性費洛蒙配方可資研發應用。於 2020 年已完成開發性費洛蒙誘引劑 24 種、聚集費洛蒙誘引劑 1 種、警戒費洛蒙 2 種、性費洛蒙交配干擾劑 1 種等 (表一)，以及乾式誘蟲器 10 種及黏膠式誘蟲器 1 種 (表二)；同時建立害蟲費洛蒙之防治技術，教育推廣農民應用[23,24,28]。以下分別簡述藥毒所化學傳訊素實驗室在這幾年來在昆蟲費洛蒙應用的研究探討，以及這些年來費洛蒙產品之開發與應用情形，供農政單位及農友參考應用。

表一、藥毒所研發之昆蟲費洛蒙產品及應用技術

Table 1. Products of insect pheromones researched by TACTRI and their application techniques

No.	Product name	Control target	Effective period in field	Trap for mass trapping	Traps/ha
	Alarm pheromone				
1	RC-thrip alph[1]	Several thrips species	6 M	Need not trap	2500
2	MT-thrip alph	Several thrips species	1 M	Need not trap	
	Sex pheromone lure				
1	SPW lure	*Cylas formicarius*	1 M	SPW trap	40
2	CFB lure	*Cydia notanthes*	6 M	CFB trap	40
3	OFM / MNB lure	*Grapholita molesta* *Cryptophlebia ombrodelta*	6 M	CFB trap	40
4	TCW lure	*Spodoptera litura*	1 M	TDAR trap (red)	5-10
5	BAW lure	*Spodoptera exigua*	1 M	TDAR trap (blue)	20- 0
6	DBM lure	*Plutella xylostella*	2-3 M	No.3-Lep-2-up trap Wing sticky trap	120-160
7	RSB lure	*Chilo suppressalis*	1-2 M	No.1-Lep-2-up trap Wing sticky trap	40-60
8	ACB lure	*Ostrinia furnacalis*	1-2 M	No.1-Lep-2-up trap Wing sticky trap	40
9	STT lure	*Adoxophyes* sp.	3-4 M	No.2-Lep-2-up trap Wing sticky trap	40
10	*CTM lure*	*Lymantria xylina*	2 M	CTM-trap	5-20
11	STM lure	*Orgyia postica*	2 M	No.1-Lep-2-up trap Wing sticky trap	
12	ALM lure	*Cadra cautella*	3-4 M	Jackson sticky trap	
13	IMM lure	*Plodia interpunctella*	1 M	Jackson sticky trap	
14	STB lure	*Chilo sacchariphagus*	1 M	Wing sticky trap	
15	LSWM lure	*Etiella behrii*	1 M	Wing sticky trap	Monitoring
16	GMB lure	*Planococcus minor*	2-3 M	Cylindrical sticky trap	10-40 traps /0.1 ha
17	CMB lure	*Planococcus citri*	2-3 M	Cylindrical sticky trap	10-40 traps /0.1 h
18	LFB lure	*Conopomorpha sinensis*	1 M	Wing sticky trap	70-100
19	TFW lure	*Helicoverpa armigera*	1 M	Wing sticky trap No.4-Lep-2-up trap	
20	PRB lure	*Sesamia inferens*	1 M	Wing sticky trap	

(*To be continued*)

[1.] RC-thrip alph: Rubber cap type of thrip alarm pheromone; MT- thrip alph: Microtube type of thrip alarm pheromone.

表一、藥毒所研發之昆蟲費洛蒙產品及應用技術 (*續前*)

Table 1. Products of insect pheromones researched by TACTRI and their application techniques (*continued*)

No.	Product name	Control target	Effective period in field	Trap for mass trapping	Traps/ha
	Sex pheromone lure				
21	CBL	*Trichoplusia ni*	1 M	Wing sticky trap No.1-Lep-2-up trap	
22	PPBM	*Etiella zinckenella*	1 M	Wing sticky trap	Monitoring
23	MyE lure	*Mythimna exsanguis*	1 M	Wing sticky trap	Monitoring
24	CCM lure	*Diaphania indica*	1 M	Wing sticky trap	Monitoring
	Aggregation pheromone lure				
1	JPS lure	*Monochamus alternatus*			
	Sex pheromone disruptants				
1	CFB disruptant	*Cydia notanthes* *Grapholita molesta* *Cryptophlebia ombrodelta*	5 M	1. Hang 1 disruptant every 3-4 m. 2. Hang 2 monitoring traps to detect their disrupt effective.	1200 Disruptants

表二、藥毒所研發之昆蟲費洛蒙誘蟲器種類

Table 2. Traps for pheromone using developed by TACTRI

Name of traps	Type	Suitable trapping insect species
SPW-trap	Dry	*Cylas formicarius*
No.1-Lep-2-up trap	Dry	*Ostrinia furnacalis*, *Chilo suppressalis*, *Orgyia postica*, *Trichoplusia ni*
No.2-Lep-2-up trap	Dry	*Adoxophyes* sp.
No.3-Lep-2-up trap	Dry	*Plutella xylostella*
No.4-Lep-2-up trap	Dry	*Helicoverpa armigera*
2 or 3-funnel PET trap	Dry	*Cylas formicarius*
Cylindrical sticky trap	Sticky	*Planococcus citri*, *Planococcus minor*, *Phyllotreta striolata*
CFB-trap	Dry	*Cydia notanthes, Grapholita molesta*, *Cryptophlebia ombrodelta, Planococcus minor*, *Planococcus citri*
One (2)-L-PET trap(dia 9 cm)	Dry	*Spodoptera litura, Spodoptera exigua*, *Bactrocera cucurbitae*, *Bactrocera dorsalis*
One-L-large PET trap(5 L)	Dry	*Monochamus alternatus*
CTM-trap	Dry	*Lymantria xylina*

昆蟲費洛蒙的來源

昆蟲費洛蒙的發現，在十八世紀時，科學家注意到家蠶的處女雌蛾能誘引雄蛾；十九世紀時，科學家進一步證實此是由於處女雌蛾所分泌的味道所致。至1959年德國化學家Butenandt等人歷經30餘年的研究，自五十萬隻雌性家蠶腹末首次分離並純化12 mg的家蠶性費洛蒙「家蠶醇 (Bombykol, *E,Z*-10,12-hexadecadienol)」；同時，Karlson及Butenandt兩位德國化學家將此類物質命名統稱為費洛蒙(pheromone)。費洛蒙一詞源自希臘文的pherein及hormon，分別有傳遞及興奮或刺激的意思。其係指一種由生物個體分泌出體外，可引發或刺激其他同種個體，產生某些行為反應的揮發性化學物質。費洛蒙因其作用而有許多種類，如為繁衍子代而分泌之「性費洛蒙」及「聚集費洛蒙」，為警告族群免受天敵危害而分泌之「警戒費洛蒙」，為維護其領域範圍而分泌之「領域費洛蒙」，為使其子代有足夠的食物分泌「抗產卵費洛蒙」防止其他雌蟲再來產卵，及分泌「軌跡費洛蒙」使其他個體依循軌跡前來取食等。目前已被鑑定的費洛蒙種類以「性費洛蒙」種類最多，據2007年統計已超過2,600種之昆蟲種類其性費洛蒙組成分被鑑定，包括約1,410種性費洛蒙化合物。其中以鱗翅目昆蟲者佔多數，多為雌蟲分泌性費洛蒙，誘引雄蟲前來交尾。

鱗翅目雌蟲所分泌之性費洛蒙成分，其結構為簡單的直鏈式碳鏈 (C8-C20)，分子量介於200-300；結構上具功能基如醇 (-OH)、醛 (-CHO) 及酯 (-COOR) 等，以及具雙鍵之特性如雙鍵位置、數量及異構物等。由於此類費洛蒙的結構相似，為方便研究起見，化學傳訊素專家趨向建立其縮寫式。一般的縮寫式有兩種方法，一為採取IUPAC化學名稱的縮寫方法，如dodecanol的縮寫為DDOl、Z,E-9,12-tetradecadien-ol的縮寫為Z,E-9,12-T-DDOl及E,Z,Z-4,7,10-tridecatrien-1-ol acetate的縮寫為E,Z,Z-4,7,10-TriDTA。另一種縮寫式為表示碳鏈的個數及功能基的方法，如飽和化合物dodecan-1-ol及1-dodecyl acetate的縮寫分別為12: OH及12: Ac，未飽和化合物Z8-dodecen-1-ol與Z9-dodecen-1-ol的縮寫分別為Z8-12:OH與Z9-12:OH，另特殊種類之誘餌配方如棉紅鈴蟲 (*Pectinophora gossypiella*) 的誘餌成份為含2種成分Z,E-7,11-hexadecadien-1-ol acetate及Z,Z-7,11-hexadecadien-1-ol acetate之配方，特稱為Gossyplure[75]。

昆蟲費洛蒙的應用研究探討

昆蟲性費洛蒙的研究內涵主要包括性費洛蒙的生化系統及應用研究。生化系統包括兩個主要部份：雄蟲對性費洛蒙認知的作用及雌蟲分泌性費洛蒙的機制。應用研究則涵蓋生殖行為、性費洛蒙的萃取、分離與鑑定、生物檢定及應用技術研究等項目[6,75,88]。為進行費洛蒙應用研究，首先須開發試驗蟲源大量飼育技術以供費洛蒙試驗所需蟲源，以下一一簡述費洛蒙應用研究項目。

(一) 試驗蟲源大量飼育

為提供費洛蒙研究之試驗蟲源，藥毒所化學傳訊素分別建立害蟲的飼育技術，包括以新鮮食物、代用寄主飼育及人工飼料飼育技術。以新鮮食物、代用寄主飼育如臺灣花薊馬、小黃薊馬、南黃薊馬、花薊馬、豆花薊馬等以花豆子葉飼育；柑橘粉介殼蟲及番石榴粉介殼蟲 (*Planococcus minor*) 以南瓜飼育。建立以人工飼料飼育之試驗昆蟲如亞洲玉米螟、番茄夜蛾、花姬捲葉蛾、粗腳姬捲葉蛾、豆莢螟 (*Maruca vitrata*)、粉斑螟蛾 (*Cadra cautella*)、番荔枝粉螟 (*Anonaepestis bengalella*)、瓜螟 (*Diaphania indica*)、番茄夜蛾、蓖麻蠶 (*Samia cynthia*) 等[3,9,14,32,39,42,44,60,62]。

(二) 生殖行為觀察

羽化、交尾及產卵等行為為昆蟲為達繁衍目的的系列行為，其表現方式變異多，因種類而異。鱗翅目昆蟲之羽化、交尾及產卵之行為，其行為模式相似，同族群的此些行為具日週期性，其交尾與產卵行為伴隨有化學信息溝通，尤其是發情 (calling) 及交尾行為[72,82]。

昆蟲的羽化、交尾及產卵行為具日週期性，如以下 3 種捲蛾科之羽化、交尾及產卵行為，花姬捲葉蛾之雌、雄蛹於見光後開始羽化，見光後 5-8 小時達羽化高峰。雌蛾表現發情及交尾行為的時刻皆在見光後 2 小時達高峰，交尾高峰期發生於 1-4 日齡成蛾。雌蛾產卵時刻於黑暗後 1 小時達高峰[41]。粗腳姬捲葉蛾的羽化與交尾行為分別發生於見光 2 小時開始羽化，於 10-11 小時達高峰。發情與交尾時刻一致，均在黑暗後 0-2 小時發生[42]。桃折心蟲其交尾則發生於日落前之黃昏時段[88]。本研究為萃取害蟲費洛蒙及研發生物檢定方法，陸續觀察亞洲玉米螟、荔枝細蛾 (*Conopomorpha sinensis*)、番荔枝粉螟、番茄夜蛾、番荔枝斑螟蛾及瓜螟[14,21,29,32,33,38]。

(三) 性費洛蒙的萃取

性費洛蒙之萃取方法有機溶劑萃取法及氣體捕捉法兩類。溶劑萃取法為將整隻昆蟲或解剖性費洛腺體浸漬於溶劑中，或以溶劑漂洗雌蟲腹部末端數秒至數十分鐘。常用的溶劑種類有戊烷、己烷、二氯甲烷 (dichloromethane)、甲醇及二硫化碳 (carbon disulphide) 等，其等級須選用較高純度者，如HPLC級，以免干擾分析結果。

氣體捕捉法有兩種即冷捕法與利用固體吸附劑。利用冷捕法與利用固體吸附劑捕捉性費洛蒙氣體時，先要淨化空氣。冷捕法即為讓性費洛蒙氣體經-195℃之溫度，而凝結於玻璃瓶中，最後，再以溶劑洗出收集之。利用固體吸附劑的方法即為使性費洛蒙氣體通過含有吸附劑如 Porapak-Q 及 Tenax 等之管柱而加以捕捉，然後再以溶劑洗出收集之。

(四) 分離與鑑定

由於性費洛蒙在蟲體內極其微量，其萃取液所含雜質量較性費洛蒙多出許多倍，因此，將萃取液行分離步驟乃屬必要的，使成分更加單純而得以行鑑定結構。一般分離的方法有分餾法、薄層及管柱層析法 (thin layer and column chromatography)、氣液相層析法 (gas-liquid chromatography) 及高效能液相層析法 (high performance liquid chromatography) 等[(75)]。性費洛蒙結構鑑定方法分為物理及化學方法兩種。物理方法為利用質譜儀如 GC-MS、紅外線光譜儀 (infrared-red spectroscopy)、紫外光及可見光光譜儀 (ultraviolet-visible spectroscopy) 及核磁共振儀 (nuclear magnetic resonance spectroscopy) 等。化學方法為利用還原步驟如 hydrogenation 及 metal hydrides，氧化步驟如 ozone、Cr (VI)及 Mn (IV)，以及加成反應如 methoxymercuration、dimethyldisulphide (DMDS)、Mn (VII)及 bromine 等[(75)]。

本研究經與化學研究人員合作，包括陽明大學葉小帆教授，中央研究院賀孝雍博士以及藥毒所洪銘德先生，分別鑑定亞洲玉米螟、番石榴粉介殼蟲、花姬捲葉蛾及粗腳姬捲葉蛾之性費洛蒙組成分[(46,74,76,97)]。於1989-1992年間鑑定亞洲玉米螟性費洛蒙組成分為*E*/*Z*12-14: Ac，其比例約為1/3[(97)]；Kou *et al*. (1992) 由亞洲玉米螟雌蟲腹末萃取鑑定其性費洛蒙組成分為*E*12-14:Ac、*Z*12-14:Ac、14:Ac等3種，其比例為48/37/15，單雌比例為45/39/16[(80)]。楊桃花姬捲葉蛾的性費洛蒙組成分為I: (Z)-8-dodecenyl acetate (*Z*8-12:Ac)及II: (Z)-8-dodecenyl alcohol (*Z*8-12:OH)，I/II=1/1[(76)]。粗腳姬捲葉蛾性費洛蒙粗萃取物含有10個成分，其比例約為*Z*8-12:Ac/*E*8-12:Ac/1-12:Ac/1-14:Ac/1-16:Ac/1-18:Ac/*Z*8-12:OH/*E*8-12:OH/1-12:OH/1-18:OH = 96/4/30/5/5/5/10/1/2/1，以*Z*8-12:Ac為主成分[(46)]。

柑桔粉介殼蟲與番石榴粉介殼蟲 (又名太平洋臀紋粉介殼蟲)，兩者生態、外部型態相似，於 1988 年以前曾被認為是同一種。柑桔粉介殼蟲其性費洛蒙組成分於 1976 年間，經 Rotundo and Tremblay (1976, 1982) 與 Bierl-Leonhardt *et al.* (1981) 鑑定其成分為 planococcyl acetate(71,90,91)；而直到 2007 年番石榴粉介殼蟲性費洛蒙 (*E*)-2-isopropyl-5-methyl-2,4-hexadienyl 才被鑑定出來(74)。

(五) 生物檢定

常見的昆蟲性費洛蒙活性測定方法大致分為三類：電生理檢定方法 (electrophysiological bioassays)、行為觀察測定法及田間誘蟲試驗(6,75)。電生理檢定方法為一種有效且直接測試昆蟲對費洛蒙或其他化學傳訊素的反應，通常為記錄整支觸角及單一感覺細胞的反應(6,75,87,88)，如觸角電析圖譜 (electro-antennogram, EAG)、單一細胞記錄法 (single-cell recording)。

行為觀察測定法實際上為觀察及記錄昆蟲對性費洛蒙反應行為的方法，因昆蟲種類、試驗目的而有不同的設計與記錄行為的方法，最常用者有三類：行為檢定法 (behavioral bioassays)、嗅覺器測定法 (olfactometer) 及風洞檢測法 (wind tunnel) 等。田間誘蟲試驗則是將性費洛蒙放置於田間檢測，此種方法所得結果最可靠，唯其操作常受田間害蟲族群密度、氣候、季節之影響，無法快速獲得結果。

楊桃花姬捲葉蛾對性費洛蒙組成分反應之觸角電位圖譜 (EAG)，具誘引力之 Z8-12:Ac 產生最高的 EAG 電位，具抑制作用之異構物 E8-12:Ac 產生次高的 EAG 電位，具增效作用之 Z8-12:OH 產生第三高的 EAG 電位(55)。

為檢定費洛蒙不同成分、比例配方對害蟲之生物活性，利用轉盤生物檢定法檢測對花姬捲葉蛾、粗腳姬捲葉蛾、荔枝細蛾、番石榴粉介殼蟲、粉斑螟蛾、印度穀蛾 (*Plodia interpunctella*) 及番茄夜蛾 (洪等人，未發表資料)、甘藷蟻象等之誘引效果(1,12,22,34,46,74,78)；利用風洞檢測對花姬捲葉蛾、甘藷蟻象等之誘引效果(11,43)；利用玻璃培養皿檢定方法檢定對薊馬、蚜蟲之警戒效果(15,31,36,54)；及利用箱型檢定器檢測對花姬捲葉蛾花姬捲葉蛾之誘引性(53)。

利用田間誘蟲試驗檢測及研發害蟲的費洛蒙/誘引劑誘餌，包括黃條葉蚤 (*Phyllotreta striolata*)、甜菜夜蛾、豆莢斑螟 (*Etiella behrii*)、白緣螟蛾 (*Etiella zinckenella*)、亞洲玉米螟、甘蔗條螟、水稻二化螟、水稻大螟、水稻瘤野螟、荔枝細蛾、花姬捲葉蛾、桃折心蟲、小白紋毒蛾、黑角舞蛾 (*Lymantria xylina*)、柑橘粉介殼蟲、番石榴粉介殼蟲(2,4,13,16,17,18,19,22,40,43,50,56,57,58,61,63)，及小菜蛾、斜紋夜蛾、番茄夜蛾、蔬菜擬尺蠖、秋行軍蟲 (*Spodoptera frugiperda*)、茉莉蕾螟 (*Hendecasis duplifascialis*)、松斑天牛 (*Monochamus alternatus*) 等 (洪等人，未發表資料)。

(六) 應用技術研究

性費洛蒙具無毒性、種別專一性，且其少量 (0.1 mg-50 g/ha) 即有效果，因此具安全、經濟有效、不污染環境的優點，且害蟲對性費洛蒙無抗藥性問題。因此，利用性費洛蒙防治害蟲是一種很好的工具。利用性費洛蒙防治害蟲主要有3種方法：監測 (monitoring)、大量誘殺 (mass trapping) 及交尾干擾法 (mating disruption)。利用性費洛蒙誘引劑可監測害蟲發生情形，以及大量誘殺降低害蟲危害情形。

1. 利用性費洛蒙監測及大量誘殺楊桃花姬捲葉蛾

花姬捲葉蛾為楊桃果實蛀蟲，利用花姬捲葉蛾性費洛蒙誘蟲器監測花姬捲葉蛾，當每週每個誘蟲器誘獲3-10隻成蟲，則果實被害率約0.2%-4%，與一般無施藥果園的果實被害率相當，應可不施藥；如每週每個誘蟲器誘獲15隻以上成蟲，則果實被害率約32.4-41.5%，果園即需施藥。大量誘殺時，每公頃設置40個性費洛蒙誘蟲器，可降低花姬捲葉蛾族群密度為每週每個誘蟲器誘蟲數為1.0-4.5隻 (無誘殺者3.2-20.1隻)，果實被害率僅為1.9%。「利用性費洛蒙大量誘殺防治楊桃花姬捲葉蛾」應用技術，效果評估顯示可降低1-6次施藥次數。2003年度研發花姬捲葉蛾誘蟲器，組合容易且便宜，使得每公頃大量誘殺防治成本由4,800元降為1,600元[35,37]。

2. 粉介殼蟲、黑角舞蛾

2010 年「利用性費洛蒙大量誘殺台東太麻里番荔枝果園粉介殼蟲」，每分地分別懸掛 10、20、40 個柑桔粉介殼蟲及番石榴粉介殼蟲圓筒黏膠式誘蟲器，以未懸掛誘蟲器果園當對照。番荔枝果實粉介殼蟲危害率由對照區 32.5%，降為大量誘殺區 8.9%、9.2%、4.0%，顯示大量誘殺粉介殼蟲可降低番荔枝果實粉介殼蟲之危害率[28]。

臺灣中部黑角舞蛾於2001年大量發生，於2007年藥毒所開發黑角舞蛾性費洛蒙誘捕系統，以一張長方形塑膠袋及一個5公升寶特瓶，再黏貼一條性費洛蒙誘餌，即可組合成黑角舞蛾性費洛蒙誘蟲器，成本低廉，方便組裝[13]。於2006-2008年透過農委會動植物防疫檢疫局推廣農民使用，進行黑角舞蛾之大量誘殺，獲致農民的肯定，大幅降低黑角舞蛾數量。中興大學研究生於2007年以性費洛蒙於北八卦山大量誘殺黑角舞蛾，於當年6月底調查結果未發現卵塊，獲致良好的效果。

3.甘藷蟻象、亞洲玉米螟、甘蔗條螟

於1989-1990年間藥毒所開發甘藷蟻象性費洛蒙誘餌及雙層漏斗式誘蟲器，其再捕率可達82%-97%，田間試驗結果顯示每分地設置4個誘蟲器，可減少甘藷被害

率達55%-65%，若與藥劑配合防治甘藷蟻象，經評估可降低藥劑防治1-3次，每公頃防治成本約可節省新台幣7,000元[49,59,77]。

於2000-2014年開發亞洲玉米螟乾式誘蟲器「二層上衝式誘蟲器」及其田間應用技術。每公頃設置40性費洛蒙大量誘殺，降低亞洲玉米螟族群密度在10 insects/ trap/ month以下，並降低玉米植株的危害率為春作17.1% (對照區92.7%) 及秋作3.4、18.1% (對照區54.7%)[27,47]。

王等人 (2012) 於甘蔗田比較4種配方對甘蔗條螟的誘引性，研發甘蔗條螟性費洛蒙誘餌。並於2010-2011年間監測嘉義縣義竹鄉新庄農場、彰化縣二林鎮大排沙農場甘蔗條螟族群密度。每公頃設置40個誘蟲器大量誘殺甘蔗條螟，甘蔗危害率由對照區76.3%，降為36.5%[4,25]。

4. 小菜蛾、斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、番茄夜蛾

小菜蛾為十字花科蔬菜，如花椰菜、甘藍之重要害蟲；藥毒所研發之小菜蛾性費洛蒙誘餌對小菜蛾具優異之誘引效果，以及為便利使用性費洛蒙大量誘殺小菜蛾，研發上衝型誘捕器[20,24]。2004-2007年分別於台中市霧峰區、彰化縣埔鹽鄉、田尾鄉等花椰菜田，探討小菜蛾性費洛蒙誘蟲有效距離，以及評估利用性費洛蒙大量誘殺防治小菜蛾之效果。有效距離約4-5 m，每公頃設置120個誘蟲器之處理，小菜蛾族群密度降低的幅度較大。每8 m設置1個性費洛蒙誘蟲器誘殺小菜蛾，花椰菜葉、花的危害率由藥劑慣行防治之對照區6.1%與29.3%，分別降為3.7%與20.6%。另於2004年冬季，彰化縣埔鹽鄉花椰菜農民於田間每分地設置12個誘蟲器誘殺綜合防治小菜蛾，經評估於60-75日花椰菜生長期間施藥次數減少為2-4次，最後一次噴藥至採收期拉長為21-25日，防治成本每分地減少約5,000元[10,23]。

石與朱 (1995) 報告於甘藍菜田以合成性費洛蒙誘蟲器偵測斜紋夜蛾的發生為害，每公頃設置一個誘蟲器，在移植期每週誘蟲器累積誘蟲數達 68 隻，或於葉片肥大期及結球期每週誘蟲器累積誘蟲數分別達 113 與 157 隻，即達經濟防治基準，應於 2 週內施藥防治[5]。於 2017-2018 年間，洪等建立田間小面積實施大量誘殺，誘蟲器以同心圓設置方式，有效降低胡麻田、長豇豆田斜紋夜蛾族群密度[25]。

鄭等人 (1990) 報告於 500 公頃青蔥田，每公頃放置 30 個甜菜夜蛾性費洛蒙誘殺器，可減少 20%幼蟲數，青蔥生產量提高 24%[62]。李氏 (1985、1989) 曾於 10 公頃以上的大豆田，每公頃設置 5-10 個誘蟲器大量誘殺斜紋夜蛾，結果處理區的被害葉率可減少 53%，每公頃防治成本可節省新台幣 1,500 元[7,8]。顏等人 (1991) 曾試驗於落花生播種後，每公頃放置 4-5 個斜紋夜蛾性費洛蒙誘蟲器，8-9 個甜菜夜蛾性費洛蒙誘蟲器，及 13-18 個番茄夜蛾性費洛蒙誘蟲器，綜合防治 3 種夜蛾科

害蟲，結果顯示作物生育期間減少60%幼蟲數，被害葉率較未誘殺區減少40.7%[64]。

另性費洛蒙可製成性費洛蒙交配干擾劑來防治害蟲，藥毒所於 1997 年完成楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙干擾劑之緩釋劑型開發，經於田間應用其防治效果與藥劑防治效果相當[51,52]。而純度較低的性費洛蒙可藉由添加其他成分來提高其誘引效果，如 96%與 90%之 Z8-12:Ac 可添加 Z8-12:OH 來改善對花姬捲葉蛾及粗腳姬捲葉蛾之誘引效果[45,48]。

其他費洛蒙之研究

(一) 薊馬警戒費洛蒙之應用

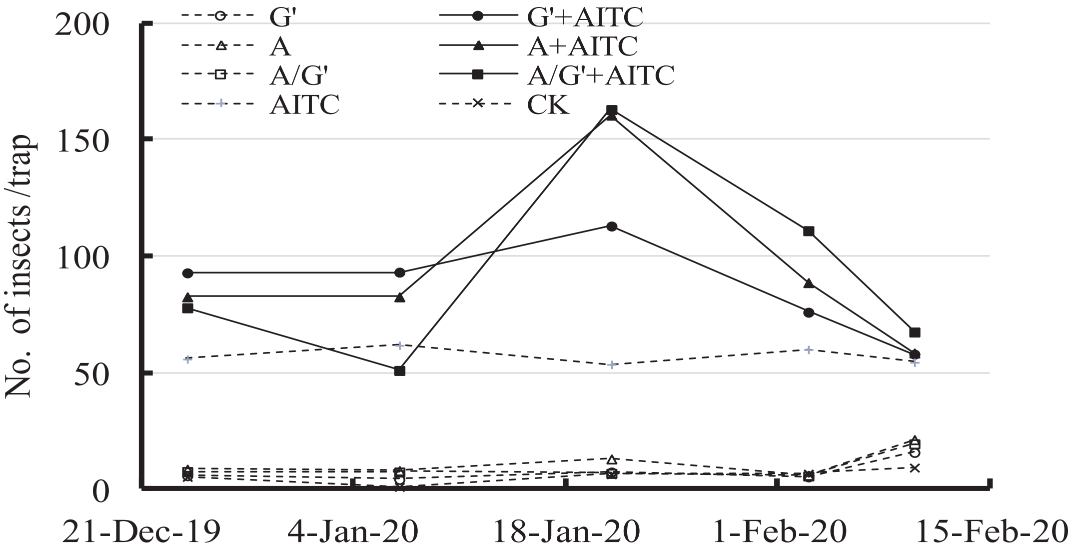
薊馬體型細小，繁殖力高；以挫吸式口器取食植物幼嫩組織及花器，導致果品變形、表面結痂以及降低產量。在防治上，其藥劑抗藥性普遍發生，為屬農民難以防治之重要害蟲。藥毒所自 2007 年起開始研究薊馬警戒費洛蒙以及其在田間的應用技術，建立了薊馬大量飼養技術、薊馬警戒費洛蒙生物檢定方法等，開發了 2 種薊馬警戒費洛蒙劑型：微管型、橡皮帽型；兩者田間持效期及有效距離分別為 1 個月及 0.5 公尺、6 個月及 1 公尺。由生物檢定結果顯示薊馬警戒費洛蒙對花薊馬 (*Thrips hawaiiensis*)、臺灣花薊馬、菊花薊馬 (*Microcephalothrips abdominalis*)、管尾薊馬科 (Phlaeothripidae)、小黃薊馬、南黃薊馬 (*Thrips palmi*)、豆花薊馬 (*Megalurothrips usitatus*) 等具有警戒生物活性。於田間長期使用，提升油茶產量約 1 倍，降低薊馬危害率約 25%，並提升果品品質[15,30]。

(二) 黃條葉蚤聚集費洛蒙誘引劑初步探討

黃條葉蚤屬鞘翅目、金花蟲科 (Coleoptera: Chrysomelidae) 昆蟲，為十字花科之重要害蟲。文獻報導不同屬之葉蚤由雄蟲產生倍半萜 (sesquiterpenes)，在一些蟲種其作用如聚集費洛蒙，對雌雄蟲均具有誘引效果。有6種倍半萜化合物由Phyllotreta屬的葉蚤類被鑑定出來，一種倍半萜化合物 (hydroxyketone 9) 來自黃條葉蚤，五種來自*P. pusilla*[67]。田間試驗顯示Compound A ((6R,7S)-himachala-9,11-diene) 為*P. cruciferae*聚集費洛蒙主成分[95]。Compound A也是*Phyllotreta vittula* and *Phyllotreta striolata*聚集費洛蒙組成分之一[67,70,94]。Bartelt *et al.* (2011) 從美國品系的*P. striolata*揮發氣體中，檢測到其主成分為compound G((3S,9R,9aS)-3- hydroxy-3,5,5,9-tetramethyl-5,6,7,8,9,9a-hexahydro-1Hbenzo[7]annulen-2(3H)-one)[63]。Compound A在高濃度植物氣味allyl isothiocyanate (AITC)才具有較佳的誘引效果，

顯示在化學傳訊上的不足。確認臺灣的黃條葉蚤聚集費洛蒙含有Compound G，誘餌A+G (1/3)的誘蟲效果較單成分者A、G為佳；而在有AITC味道下，不會增加誘蟲數(69)。

為研發黃條葉蚤誘引劑，於 2019 年 12 月 9 日至 2020 年 2 月 10 日在嘉義縣東石鄉之蘿蔔田區，比較黃條葉蚤誘引劑不同配方對黃條葉蚤之誘引性。試驗用之聚集費洛蒙成分 Compound A 及 Compound G' (3-hydroxy-3,5,5,9-tetramethyl -1,3,5,6,7,8,9,9a-octahydeo -2H-benzo[7]annulen-2-one)，係為嘉義大學陳清玉博士合成；AITC 係依洪和黃 (2000)配製(38)。試驗時，使用圓筒型黏膠式誘蟲器 (dia. 9cm、length 15 cm)。誘蟲器懸掛高度為近地面處，每個處理間相距約 5 公尺，逢機設置於試驗田中，每 7-14 天檢視記錄誘蟲數並更換誘蟲器的位置，連續觀察 5 次。本試驗以不含聚集費洛蒙及芥子油之圓筒型黏膠式誘蟲器為空白對照組，3-8 重覆。結果如圖一，以含有 AITC 的組合配方對黃條葉蚤的誘引效果較佳，其次為 AITC；而 Compound A、Compound G'、Compound A+Compound G'誘蟲數低，與不含聚集費洛蒙及芥子油之圓筒型黏膠式誘蟲器之空白對照組相當。在北美及加拿大危害十字花科的 *Phyllotreta cruciferae* 之田間試驗顯示不論高或低濃度的費洛蒙+食物誘引劑 (AITC)，其誘蟲數顯著較其他單獨配方為高(90)。而 Beran *et al.* (2016) 確認



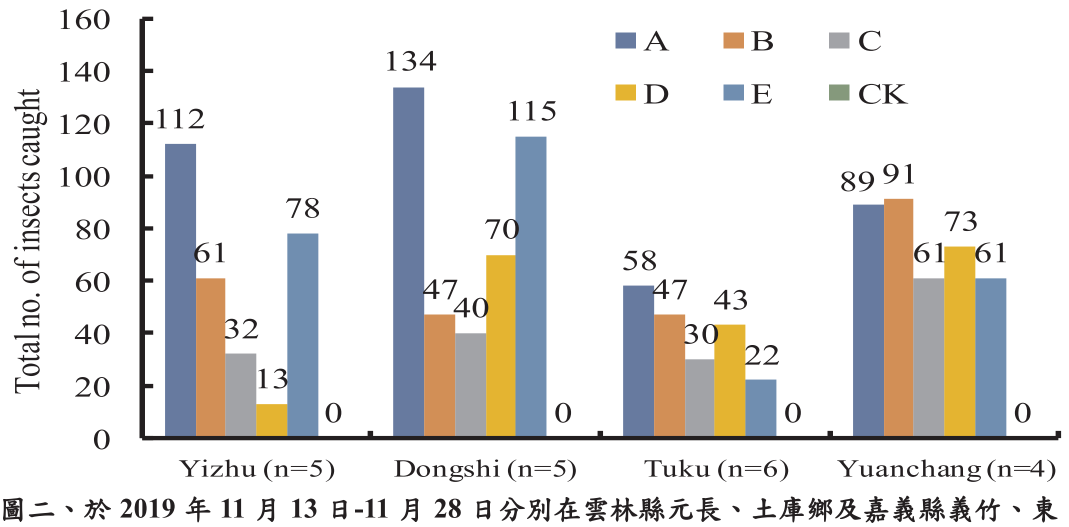
圖一、於 2019 年 12 月 9 日至 2020 年 2 月 10 日在嘉義縣東石鄉之蘿蔔田區，比較黃條葉蚤誘引劑不同配方對黃條葉蚤之誘引性。A: Compound A、G': Compound G'、AITC: allyl isothiocyanate。

Fig. 1. Comparison of the attractiveness of different formula of FB attractants (aggregation pheromone + food attractant) on *Phyllotreta striolata* at radish fields of DongshiTownship, Chiayi County from 9 Dec., 2019 to 10 Feb. 2020.

臺灣的黃條葉蚤聚集費洛蒙含有 Compound G，誘餌 A+G (1/3) 的誘蟲效果較單成分者 A、G 為佳；而在有 AITC 味道下，不會增加誘蟲數[69]。

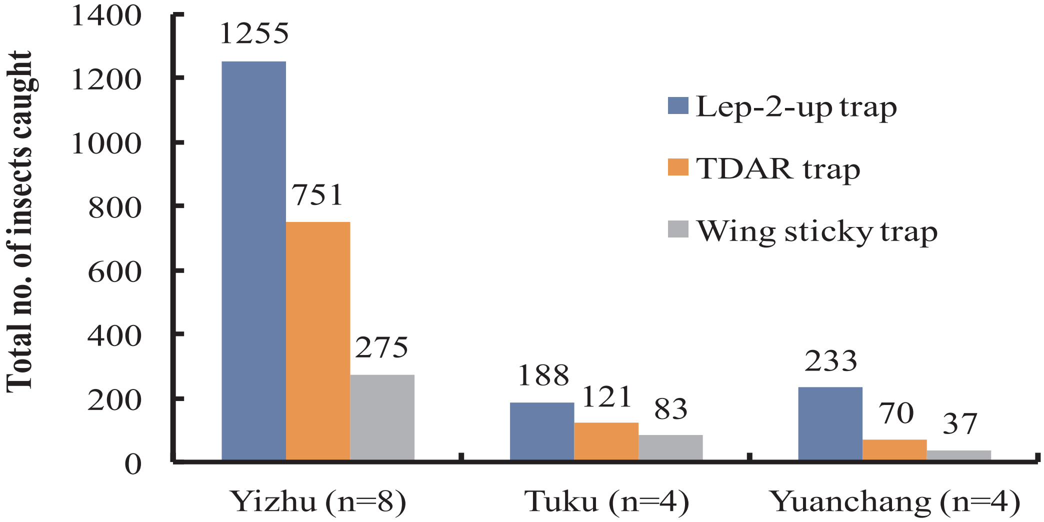
(三) 秋行軍蟲性費洛蒙誘捕系統

秋行軍蟲屬鱗翅目、夜蛾科 (Lepidoptera: Noctuidae) 昆蟲，又名草地貪夜蛾，為FAO通緝之全球重要害蟲。本蟲具高度雜食性，寄主達353種，共包含76科，其中主要為害科別為禾本科 (106個分類群)，於臺灣常見者如水稻、高粱、玉米、甘蔗、小麥、百慕達草等；菊科 (31個分類群)，如萵苣、鬼針草、向日葵等；以及豆科 (31個分類群)，如花生、大豆、豇豆、蠶豆、毛豆等。本蟲約於108年6月入侵我國，目前已嚴重危害玉米、高粱及落花生，而在狼尾草、薑、小米、薏苡、小麥及百慕達草亦有發現。有關其性費洛蒙組成分，有多篇報導[66,68,73,79,81,83,84,85,86,92,96]，經歸納成5種配方：A、B、C、D、E等，於2019年11月至當年11月，在義竹、東石、土庫、元長等地區之玉米田進行誘蟲試驗，結果以A配方對秋行軍蟲之誘引效果較佳 (圖二)。於2020年2月至3月分別於元長、土庫及義竹等地區之玉米田，比較中改式誘蟲器 (紅)、1號鱗翅目昆蟲上衝型誘捕器及翼型黏膠式誘蟲器等不同型式誘蟲器，對秋行軍蟲之誘捕效果，結果以1號鱗翅目昆蟲上衝型誘捕器較佳 (圖三)；於不同地區、不同族群密度下，均顯示對秋行軍蟲具較佳的誘捕效果。



圖二、於 2019 年 11 月 13 日-11 月 28 日分別在雲林縣元長、土庫鄉及嘉義縣義竹、東石鄉等地區玉米田比較 5 種性費洛蒙配方對秋行軍蟲之誘引性。

Fig. 2. Comparison of the attractiveness of five formula of sex pheromone of fall army worm on *Spodoptera frugiperda* at corn fields of Dongshi and Yizhu Township, Chiayi County, Yuanchang and Tuku Township, Yunlin County from 13 Nov. to 28 Nov. 2019.



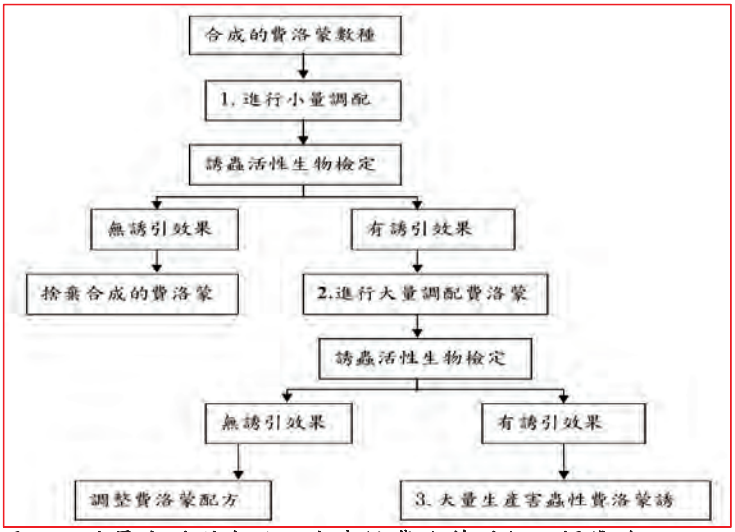
圖三、於2020年2月25日-3月12日分別在雲林縣元長、土庫鄉及嘉義縣義竹鄉等地區玉米田比較3種型式誘蟲器對秋行軍蟲之誘捕效果。

Fig. 3. Comparison of the trapping efficiency of three types of traps on fall army worm, *Spodoptera frugiperda* at corn fields of Yuanchang and Tuku Township, Yunlin County and Yizhu Township, Chiayi County from 25 Feb. to 12 March 2020.

昆蟲費洛蒙產品化與應用

(一) 產品化之技術與示範推廣情形

藥毒所歷經30餘年研發多種害蟲之費洛蒙產品，包括性費洛蒙誘餌24種、性費洛蒙交配干擾劑1種、各式誘蟲器11種、薊馬警戒費洛蒙2種、聚集費洛蒙1種等(表一、二)。為示範推廣農友使用，建立試量產之性費洛蒙誘餌流程 (圖四)，生產對害蟲誘引有效之性費洛蒙誘餌；誘蟲器則建立模組化技術，技轉廠商生產品質均一之誘蟲器，如甘藷蟻象誘蟲器、鱗翅目昆蟲上衝型誘捕器等；另建立害蟲費洛蒙應用技術資料，提供應用參考，同時，依農藥管理法，與相關農民服務單位如農會、鄉公所、產銷班、農業生產合作社等建立費洛蒙示範推廣計畫，讓農友能持續使用昆蟲費洛蒙，期望能落實於田間之蟲害管理。



圖四、試量產誘引有效之害蟲性費洛蒙誘餌之標準流程。

Fig. 4. Standard process of pilot production of insect pest lures.

近5年來，為教育推廣昆蟲費洛蒙，進行的講習、觀摩、展覽及農民協助情形，辦理案件數從2015-2019年度分別為31、32、31、26、25場次，服務人次分別約2,287、4,360、4,753、2,864、1,770人次；平均每年約29場次、3,207人次。為使害蟲費洛蒙落實於田間害蟲管理，藥毒所透過建立費洛蒙示範推廣計畫，電話及現場輔導等提供田間應用技術、試用包及誘蟲器，教育及協助農友持續使用昆蟲性費洛蒙管理及防治害蟲。近五年來，推廣約18種害蟲費洛蒙提供使用，其中較大宗性費洛蒙年示範推廣數量與面積 (表三)，2015年至2019年各年度推廣面積分別約1,739.9、3,112.5、2,810.9、4,011.4、2,689.7公頃，平均每年推廣面積約為2,873公頃。

表三、藥毒所開發近五年來較大宗性費洛蒙年示範推廣數量及面積 [1]

Table 3. The amount and area estimation of insect pheromones demonstrations to farmers by TACTRI in the past five years

Year	*Spodoptera exigua*		RC-thrip alph		Year extension area (ha)
	lures	Area (ha)	lures	Area (ha)	
2019	18,320	203.6	76,830	30.7	2,689.7
2018	32,470	360.8	62,650	25.1	4,011.4
2017	21,977	244.2	24,420	9.8	2,810.9
2016	42,931	477	35,322	14.1	3,112.5
2015	19,990	222.1	—	—	1,739.9

(*To be continued*)

[1.] Area estimation (ha): *Spodoptera litura* (/5/12M), *Cylas formicarius* (/40/5), *Plutella xylostella* (/160), *Spodoptera exigua* (/30/3), RC-thrip alph (/2500).

表三、藥毒所開發近五年來較大宗性費洛蒙年示範推廣數量及面積(*續前*)

Table 3. The amount and area estimation of insect pheromones demonstrations to farmers by TACTRI in the past five years (*continued*)

Year	*Spodoptera litura*		*Cylas formicarius*		*Plutella xylostella*	
	lures	Area (ha)	lures	Area (ha)	lures	Area (ha)
2019	128,926	2,148.8	47,370	236.9	11,155	69.7
2018	186,752	3,112.5	90,920	454.6	9,345	58.4
2017	98,328	1,638.8	161,694	808.5	17,537	109.6
2016	133,993	2,233.2	65,161	325.8	9,986	62.4
2015	68,717	1,145.3	53,886	269.4	16,490	103.1

(二)費洛蒙商品化情形

昆蟲費洛蒙屬生物農藥中之生化農藥，我國農藥商品化的過程，須依據我國農藥管理法進行登記，提供相關的資料，如農藥理化試驗資料、毒理及農藥殘留資料、田間藥效資料等，及經規格檢驗通過後，申請農藥原體及成品登記證等。藥毒所化學傳訊素實驗室「性費洛蒙誘餌 (誘引劑)」第一次技轉項目為「小菜蛾性費洛蒙誘餌」，由於廠商技轉後須法規認證才得以上市，依行政院農業委員會科學技術研發成果歸屬及運用辦法第14條第2款，於2011年8月以專屬技轉授權興農公司7年；惟經2年無法完成登記所需資料。為研析及探討天然及生化植物保護資材商品化之相關問題，於2014至2017年成立「天然及生化植物保護資材商品化研發及有效應用」計畫，在費洛蒙登記方面：田間藥效資料提供修改為證實費洛蒙誘餌的誘蟲效果報告，田間防治效果則以佐證資料提供；理化試驗由十餘項簡化為2項；毒理試驗準則中「但費洛蒙 (pheromone) 於使用時，如置於特殊裝置內 (trap)，未直接接觸作物，且對環境無不良影響者，得免提供毒理試驗資料。」於2015年9月至2018年9月技轉「小菜蛾性費洛蒙橡皮帽誘餌商品化資料」給興農公司，於2017年8月中完成登記審查，並取得成品登記證。惟因費洛蒙為較特殊的化合物，用量少，一般化學合成實驗室即可合成；不似農藥原體其需求為噸級，須由工廠來生產，故其原體許可證無法順利取得，商品上市也是遙遙無期。由此，「小菜蛾性費洛蒙誘餌」商品化的過程已努力了近10年，還未能上市。值此，我們是否應回過頭再想想，在美國EPA、歐盟OECD及多數國家對於昆蟲費洛蒙的登記原則均採取寬鬆的作法，費洛蒙誘引劑採無須登記，性費洛蒙交配干擾劑則須關注及登記。昆蟲費洛蒙在害蟲管理上應用的優點，微量、安全、有效，使用氣味處理害蟲，無農藥殘留問題，

值得推廣農友使用。期望在國內費洛蒙登記的處理上，能與國際接軌，又能加強研究，開發更多種的費洛蒙，提供害蟲防治、生態調查用。

結論與展望

昆蟲費洛蒙的研發，須由生物學家與化學專家進行合作才能成功。自 1949 年以來，微量分析化學不斷在進步，昆蟲費洛蒙之研發與應用也正積極的加速開發中。惟我國自 1989 年大型整合性研究計畫「昆蟲性費洛蒙研究」結束後，在當時的時空背景，即少有費洛蒙整合型計畫，只剩下零星有關費洛蒙研究計畫。而就目前病蟲害防治趨勢，已進入農藥減量的情況；面對病蟲害發生，不再只是何種農藥藥效最佳，還需考量有何種非農藥防治方法可以應用。費洛蒙在使用上相容性高，能與各種防治方法配合；而且是針對害蟲，對生態安全，值得開發應用。

藥毒所經 30 餘年的研究，已陸續開發多種害蟲費洛蒙產品供示範推廣用；惟害蟲種類繁多，近年來新興的害蟲如番石榴的節角捲葉蛾 (*Strepsicrates rhothia*)、荔枝及龍眼上的荔枝椿象 (*Tessaratoma papillosa*)、茉莉花的蕾螟等，另許多小型害蟲如葉蟎、蕈蠅、斑潛蠅、薊馬等猖獗危害，均契待有安全有效的防治方法。在費洛蒙的研究上，歸納一般利用性費洛蒙防治害蟲失敗的原因，如害蟲費洛蒙成分鑑定錯誤，生物活性檢定結果不足而導致使用錯誤的化合物，合成的費洛蒙純度不夠，試驗中忽略費洛蒙組成分比例與使用劑量問題，誘蟲器的設計及使用技術不受重視及對害蟲生理、生態等基本資料瞭解不夠等，均可導致費洛蒙的研究及應用推廣失敗。因此，在費洛蒙研究及應用，對害蟲的認識與瞭解是非常重要的。

我們期望未來有有更多的學者，包括昆蟲、生態、分析及合成學者投入本項研究中，期使更多的認識「化學傳訊素」的作用，提供更安全有效之害蟲管理方法供生產者應用與參考。期望藉著費洛蒙的研究與應用，協助農民建立一個好的害蟲管理體系，天敵發揮作用、農藥合理使用、經濟有效防治害蟲及生產安全衛生的農產品，並維護我們的生態環境。

謝　辭

本研究成果承蒙農委會防檢局及藥毒所長期支持與協助；黃振聲博士與顏耀平教授在費洛蒙研究上之教導與協助；各鄉鎮農會協助費洛蒙推廣與卓蘭鎮、霧峰鄉、員林鎮、芬園鄉、楠西鄉農會推廣股協住提供試驗場地；實驗室同仁王文龍、林信宏先生、李慧玉小姐等在試驗蟲源飼養、費洛蒙生物檢定、計畫執行上盡心盡力，在此一併致上無限謝忱。

引用文獻

1. 王文龍、洪巧珍、王順成。2010。粉斑螟蛾 (*Cadra cautella* (Walker)) (鱗翅目：螟蛾科) 性費洛蒙誘餌誘引性之改進。臺灣昆蟲 30: 129-143。
2. 王文龍、張志弘、吳昭儀、洪巧珍。2013。利用性費洛蒙監測柑橘粉介殼蟲與番石榴粉介殼蟲在番石榴果園中之發生情形。植保學會 102 年年會論文宣讀。(摘要)
3. 王文龍、洪巧珍、高穗生、王順成。2009。粉斑螟蛾 (*Cadra cautella* (Walker)) 在不同飼料中之發育與繁殖。臺灣昆蟲 29: 251-262。
4. 王文龍、陳立祥、張志弘、吳昭儀、李慧玉、陳清玉、洪巧珍。2012。甘蔗條螟 (*Chilo sacchariphagus*) 性費洛蒙誘餌與誘蟲器之研發與其監測。臺灣昆蟲學會 101 年年會論文宣讀。臺灣昆蟲 32: 422。(摘要)
5. 石正人，朱耀沂。1995。影響斜紋夜蛾性費洛蒙誘集效率之因子－植物相、風向與氣象條件。植保會刊 37: 59-70。
6. 杜家緯。1988。昆蟲信息素及其應用。中國林業出版社。221 頁。
7. 李新傳。1985。利用合成性費洛蒙防治豆類斜紋夜蛾試驗效果之研究。臺灣農業 21(5): 83-89。
8. 李新傳。1989。利用性費洛蒙調查豆類斜紋夜蛾之族群動態與誘殺效果。臺灣昆蟲 9: 27-36。
9. 宋孟真、王文龍、吳昭儀、張志弘、洪佩辰、張慕瑋、洪巧珍。2019。利用半合成人工飼料飼育害蟲與天敵代用寄主。安全防治資材商品化與農藥管理新措施研討會。(海報)
10. 洪巧珍。2012。早期設置性費洛蒙·有效防治小菜蛾。行政院農業委員會苗栗區農業改良場，苗栗區農業專訊 60: 17-20。
11. 洪巧珍、王文龍、江碧媛、顏耀平。2004。甘藷蟻象合成性費洛蒙誘蟲活性之風洞檢測。植保會刊 46: 113-122。
12. 洪巧珍、王文龍、洪銘德。2007。粗腳姬捲葉蛾雌腹末萃取液中之酯類及醇類化合物對性費洛蒙主成分乙酸(*Z*)-8-十二烯-1-基酯((*Z*)-8-dodecen-1-yl acetate, *Z*8-12:Ac)誘蟲之影響。臺灣昆蟲 27: 129-145。

13. 洪巧珍、王文龍、李木川、蔡恕仁、林信宏。2007。黑角舞蛾性費洛蒙誘捕系統之開發。植保會刊 49: 267-281。
14. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀。2009。番茄夜蛾 (*Helicoverpa armigera* (Hübner))在兩種半合成人工飼料中之發育與繁殖及其羽化、交尾與產卵行為。臺灣昆蟲 29: 316。
15. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、王清玲、顏辰鳳。2008。薊馬警戒費洛蒙對切花中薊馬之生物活性。植保會刊 49: 365。
16. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、林信宏。2009。桃折心蟲 (*Grapholita molesta* (Busck))性費洛蒙誘捕系統及交配干擾防治試驗。植保會刊 51: 53-68。
17. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、賀孝雍。2012。小白紋毒蛾 (*Orgyia postica* (Walker))之性費洛蒙配方與不同型式誘蟲器之誘捕效果研究。植保會刊 54: 1-11。
18. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘。2011。甜菜夜蛾性費洛蒙誘餌誘引有效性探討。臺灣昆蟲 31: 462。
19. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘。2013。毛豆豆莢害蟲 *Etiella* spp.性費洛蒙誘餌與誘蟲器之研究。臺灣昆蟲 33: 121-136。
20. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘。2016。不同型式性費洛蒙誘蟲器對小菜蛾 (*Plutella xylostella*)之誘捕效果評估。臺灣農藥科學 1: 91-106。
21. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘、李慧玉、張慕瑋。2014。瓜螟 (*Diaphania indica*)在兩種食物中之發育與繁殖及其羽化、交尾與產卵行為。臺灣昆蟲 34: 311。
22. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘、李慧玉、賀孝雍、Millar, J. G.、顏耀平。2012。番石榴粉介殼蟲 (*Planococcus minor*)合成性費洛蒙之誘引性探討。臺灣昆蟲 32: 421。
23. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘、張慕瑋。2017。利用性費洛蒙大量誘殺綜合防治花椰菜小菜蛾效果評估。臺灣昆蟲 37: 23-32。
24. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘、張慕瑋。2017。小菜蛾 (*Plutella xylostella*)性費洛蒙乾式誘蟲器之開發。臺灣農藥科學 3: 53-67。
25. 洪巧珍、王文龍、張志弘、吳昭儀、張慕瑋。2019。昆蟲性費洛蒙誘蟲器在大量誘殺防治之設置技巧。農業世界 431: 6-20。
26. 洪巧珍、王文龍、張志弘、吳昭儀、張慕瑋。2019。昆蟲性費洛蒙誘引劑。環境友善之植醫保健祕籍。五南圖書出版。p. 303-326。
27. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘、陳裕儒、李慧玉、張慕瑋。2014。亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 性費洛蒙之乾式誘蟲器及田間應用效果評估。臺灣昆蟲 34: 305。
28. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘、顏耀平、黃振聲。2017。粉介殼蟲性費洛蒙之研發與應用推廣。農政與農情 295: 70-75。
29. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘、謝進來。2011。番荔枝斑螟蛾 (*Anonaepestis bengalella* Ragonot)(鱗翅目：螟蛾科)(Lepidoptera: Pyralidae) 之羽化、交尾及產卵行為。臺灣昆蟲 31: 157-168。
30. 洪巧珍、王文龍、許俊凱、吳昭儀、張志弘、張慕瑋。2019。薊馬警戒費洛蒙在害蟲防治上之推廣與應用。環境友善之植醫保健祕籍。五南圖書出版。p. 327-350。
31. 洪巧珍、吳昭儀、王文龍、張志弘、張慕瑋、李慧玉。2015。薊馬警戒費洛蒙及殺蟲劑綜合應用之室內防治效果評估與田間持續應用之防治效果。臺灣昆蟲 35: 330。

32. 洪巧珍、江碧媛、王文龍。2003。番荔枝粉螟在不同食物中之發育繁殖及其羽化、交尾與產卵行為。植保會刊 45: 185-197。
33. 洪巧珍、江碧媛、黃振聲。2002。荔枝細蛾 (*Conopomorpha sinensis* Bradley) 之飼育技術及其羽化與交尾行為。植保會刊 44: 89-99。
34. 洪巧珍、洪銘德、王文龍。2006。荔枝細蛾 (*Conopomorpha sinensis* Bradley) 性誘引劑配方之研發。植保會刊 48: 189-202。
35. 洪巧珍、侯豐男、黃振聲。2001。利用性費洛蒙防治楊桃花姬捲葉蛾之效果評估。植保會刊 43: 57-68。
36. 洪巧珍、張志弘、吳昭儀、王文龍、張慕瑋、李慧玉。2015。薊馬警戒費洛蒙生物檢定條件與其對小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis*) 的警戒效果。臺灣昆蟲 35: 329。
37. 洪巧珍、陳家鐘、陳清玉、彭淑貞、莊益源、陳昇寬、王文哲、蔡恕仁、李木川、顏辰鳳、洪銘德。2005。楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙產品與應用。臺灣昆蟲特刊 7: 29-58。
38. 洪巧珍、黃振聲。1990。亞洲玉米螟之羽化、交尾及產卵行為。中華昆蟲 10: 89-99。
39. 洪巧珍、黃振聲。1991。楊桃花姬捲葉蛾之大量飼育方法。中華昆蟲 11: 204-212。
40. 洪巧珍、黃振聲。2000。芥子油與圓筒型黏膠式誘蟲器對黃條葉蚤之誘引性。中華昆蟲 20: 201-214。
41. 洪巧珍、黃振聲、侯豐男。1997。楊桃花姬捲葉蛾之羽化、交尾及產卵行為。植保會刊 39: 265-274。
42. 洪巧珍、黃振聲、侯豐男。1998。粗腳姬捲葉蛾之人工飼料飼育方法及其羽化與交尾行為。植保會刊 40: 297-307。
43. 洪巧珍、黃振聲、侯豐男。1999。楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙活性之生物檢定法比較。植保會刊 41: 165-177。
44. 洪巧珍、黃振聲、謝豐國。1988。亞洲玉米螟之大量飼育方法。中華昆蟲 8: 95-103。
45. 洪巧珍、顏永福、曾馨俞、高穗生、王文龍。2008。花姬捲葉蛾 (*Cydia notanthes*) 及粗腳姬捲葉蛾 (*Cryptophlebia ombrodelta*) 不同純度合成性費洛蒙 *Z*8-12:Ac 誘蟲活性之改進。植保會刊 50: 1-22。
46. 洪銘德、洪靜宜、洪巧珍、王文龍。2007。粗腳姬捲葉蛾 (*Cryptophlebia ombrodelta* Lower) 雌蛾腹末萃取液中酯類及醇類化合物成分之鑑定及其生物活性。臺灣昆蟲 27: 107-128。
47. 陳裕儒、王文龍、吳昭儀、張志弘、謝光照、洪巧珍。2016。以性費洛蒙大量誘殺防治田間亞洲玉米螟之效果評估。作物、環境與生物資訊 13: 97-104。
48. 曾馨俞、顏永福、高穗生、王文龍、洪巧珍。2007。花姬捲葉蛾及粗腳姬捲葉蛾純度 96%合成性費洛蒙 *Z*8-12:Ac 誘蟲活性之改進。植保會刊 49: 283-298。
49. 黃振聲、洪巧珍。1992。利用性費洛蒙防治甘藷蟻象。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 p. 81-94。
50. 黃振聲、洪巧珍。1994。楊桃花姬捲葉蛾 (*Eucosma notanthes* Meyrick) 性誘引劑型及誘蟲器開發。植保會刊 36: 31-40。
51. 黃振聲、洪巧珍。1997。利用合成性費洛蒙以交配干擾法防治楊桃花姬捲葉蛾。植保會刊 39: 151-164。

52. 黃振聲、洪巧珍。1997。楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙干擾劑之緩釋劑型。植保會刊 39: 275-280。
53. 黃振聲、洪巧珍、侯豐男。1996。楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙活性之生物檢定。植保會刊 38: 119-127。
54. 黃振聲、洪巧珍、張萃媖、顏耀平、陳秋男。1996。桃蚜警戒費洛蒙之生物活性及其利用。植保會刊 38: 111-118。
55. 黃振聲、洪巧珍、劉佳瑩。2000。楊桃花姬捲葉蛾 (*Eucosma notanthes* Meyrick)(鱗翅目：姬捲葉蛾科) 對性費洛蒙組成份反應之觸角電位圖譜。中華昆蟲 20: 97-107。
56. 黃振聲、洪巧珍、顏耀平、陳秋男。1996。荔枝細蛾之性誘引劑及誘蟲器。植保會刊 38: 129-136。
57. 黃振聲、洪巧珍、羅致逑、洪銘德。1987。楊桃花姬捲葉蛾和粗腳姬捲葉蛾之性誘引劑。植保會刊 29: 321-323。
58. 黃振聲、洪巧珍、羅致逑、康淑媛、邱太源。1990。亞洲玉米螟性費洛蒙配方之誘蟲效能。中華昆蟲 10: 109-117。
59. 黃振聲、洪巧珍、顏耀平。1989。甘藷蟻象性費洛蒙配方及誘捕器誘蟲效能之評估。中華昆蟲 9: 37-43。
60. 黃振聲、謝豐國、洪巧珍、朱耀沂。1988。番石榴粉介殼蟲之生活史及溫度對其族群介量之影響。植保會刊 30: 157-174。
61. 廖君達、洪巧珍。2008。水稻瘤野螟合成性費洛蒙田間評估。臺中區農業改良場研究彙報 101: 45-55。
62. 鄭允、蘇文瀛、陳秋男、林文庚、林端方、蔡湯瓊。1990。蔥田甜菜夜蛾費洛蒙 之應用。中華昆蟲特刊第四號 p. 199-213。
63. 劉佳瑩、黃振聲。2006。豆莢螟 (*Maruca vitrata*) 之改良半合成人工飼料飼育法。植保會刊 48: 9-16。
64. 顏福成、黃天福、張賜海·1991·利用性費洛蒙誘殺落花生主要害蟲之研究。台南區農業改良場研究彙報 27：45-58。
65. 顏耀平、黃振聲、洪巧珍、陳浩祺、賴貞秀。1988。甜菜夜蛾性費洛蒙之合成及其誘蟲效果。植保會刊 30: 303-309。
66. Andrade, R., Rodriguez, C., and Oehlschlager, A. C. 2000. Optimization of a pheromone lure for *Spodoptera frugiperda* (Smith) in Central America. J. Braz. Chem. Soc. 11: 609-613.
67. Bartelt, R. J., Zilkowski, B. W., Allard, A., Cossé, A. A., Schnupf, U., Vermillion, K., and Momany, F. A. 2011. Male-specific sesquiterpenes from *Phyllotreta* flea beetles. J. Nat. Prod. 74: 585-595.
68. Batista-Pereira, L. G., Stein, K., De Paula, A. F., Moreira, J. A., Cruz, I., Figueiredo, M. L. C., Perri, J., and Correa, A. G. 2006. Isolation, identification, synthesis, and field evaluation of the sex pheromone of the Brazilian population of *Spodoptera frugiperda*. J. Chem. Ecol. 32: 1085-1099.
69. Beran, F., Jiménez-Alemán, G. H., Lin, M. Y., Hsu, Y. C., Mewis, I., Srinivasan, R., Ulrichs, C., Boland, W., Hansson, B. S., and Reinecke, A. 2016. The aggregation pheromone of

Phyllotreta striolata (Coleoptera: Chrysomelidae) revisited. J. Chem. Ecol. 42: 748-755.

70. Beran, F., Mewis, I., Srinivasan, R., Svoboda, J., Vial, C., Mosimann, H., Boland, W., Buttner, C., Ulrichs, C., Hansson, B. S., and Reinecke, A. 2011. Male *Phyllotreta striolata* (F.) produce an aggregation pheromone: identification of male-specific compounds and interaction with host plant volatiles. J Chem. Ecol. 37: 85-97.
71. Bierl-Leonhardt, B. A., Moreno, D. S., Schwarz, M., Fargerlund, J., and Plimmer, J. R. 1981. Isolation, identification and synthesis of the sex pheromone of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso). Tetrahedron Lett. 22: 389-392.
72. Cadé, W. H. 1985. Insect mating and courtship behavior. In Comprehensive Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology. Vol. 9. Behavior, Pergamon Press Ltd., p. 144-191.
73. Descoins, C., Silvain, J. F., Lalanne-Cassou, B., and Cheron, H. 1988. Monitoring of crop pests by sexual trapping of males in the French West Indies and Guyana. Agric. Ecosyst. Environ. 21: 53-65.
74. Ho, H. Y., Hung, C. C., Chuang, T. H., and Wang, W. L. 2007. Identification and synthesis of the sex pheromone of the passionvine mealybug, *Planococcus minor* (Maskell). J. Chem. Ecol. 33: 1986-1996.
75. Howse, P., Stevens, I., and Jonse, O. 1998. Insect pheromone and their use in pest management. London, Chapman and Hall Press, 369 p.
76. Hung, C. C., J. S. Hwang, J. S., Hung, M. D., Yen,Y. P., and Hou, R. F. 2001. Isolation, identification and field tests of the sex pheromone of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes*. J. Chem. Ecol. 27: 1855-1866.
77. Hwang, J. S., and Hung, C. C. 1991. Evaluation of the effect of integrated control of sweetpotato weevil, *Cylas formicarius* Fabricius, with sex pheromone and insecticide. Chinese. J. Entomol. 11: 140-146.
78. Hwang, J. S., Hung, C. C., and Yen, Y. P. 1991. Formulations of synthetic sex pheromone, trap designs and their use for mass trapping sweet potato weevil, *Cylas formicarius elegantulus*. Proc. Conf. Insect Chem. Ecol., Tabor 1990, 365-368. Academia Prague and SPB Acad. Publ. The Hague, 1991.
79. Jones, R. L., and Sparks, A. N. 1979. (Z)-9-tetradecen-ol acetate. A secondary sex pheromone of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. J. Chem. Ecol. 5: 721-725.
80. Kou, R., Ho, H. Y., Yang, H. T., Chow, Y. S., and Wu, H. J. 1992. Investigation of sex pheromone components of female Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) in Taiwan. Chem. Ecol. 18: 833-840.
81. Malo, E.A., Hernandez, M., Virgen, A., Cruz-Lopez, L., and Rojas, J. C. 2002. Electroantennogram and field responses of *Spodoptera frugiperda* males (Lepidoptera: Noctuidae) to plant volatiles and sex pheromone. Folia Entomol. Mex. 41: 329-338.
82. Matthews, R. W., and Matthews, J. R. 1978. Insect Behavior. Canada, John Wiley and Sons, Inc. 507 pp.

83. Meagher, R. L., Jr. and Mitchell, E. R. 1998. Phenylacetaldehyde enhances upwind flight of male fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to its sex pheromone. Fla. Entomol. 81: 556-559.
84. Mitchell, E. R., and Doolittle, R. E. 1976. Sex pheromones of *Spodoptera exigua*, *S. eridania*, and *S. frugiperda*: bioassay for field activity. J. Econ. Entomol. 69: 324-326.
85. Mitchell, E. R., Tumlinson, J. H., and McNeil, J. N. 1985. Field evaluation of commercial pheromone formulations and traps using a more effective sex pheromone blend for the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 78: 1364-1369.
86. Mohamed, M. A., Quisenberry, S. S., and Moellenbeck, D. J. 1992. 6,10,14-trimethylpentadecan-2-one: a Bermuda grass phagostimulant to fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). J. Chem. Ecol. 18: 673-682.
87. Payne, T. L., Birch, M. C., and Kennedy, C. E. J. 1986. Mechanisms in Insect Olfaction. Clarendon Press, Oxford. 364 pp.
88. Prestwich, G. D., and Blomquist, G. J. 1987. Pheromone Biochemistry. Academic Press, London. 565 pp.
89. Rothschild, G. H. L., and Minks, A. K. 1974. Time of activity of male oriental fruit moth at pheromone source in the field. Environ. Entomol. 3: 1003-1007.
90. Rotundo, G., and Tremblay, E. 1982. Preliminary report on the attractivity of the synthetic pheromone of *Planococcus citri* (Rs.) (Homoptera Coccoidea) in comparison to virgin females. Boll. Lab. Entomol. Agrar. F. S. 39: 97-101.
91. Rotundo G., and Tremblay E. 1976. Serum-diagnostic discrimination in the Pseudococcidae (Homoptera: Coccoidea). II. *Planococcus citri* (Ris.) and *Planococcus ficus* (Sign.). Bollettino del Laboratorio de Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri', Portici, 33: 99-107.
92. Sekul, A. A., and Sparks, A. N. 1967. Sex pheromone of the fall armyworm moth: isolation, identification, and synthesis. J. Econ. Entomol. 60: 1270-1272.
93. Soroka, J. J., Bartelt, R. J., Zilkowski, B. W., and Coseé, A. A. 2005. Response of flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* to synthetic aggregation pheromone components and host plant volatiles in field trials. J. Chem. Ecol. 31: 1829-1843.
94. Tóth, M., Csonka, E., Bartelt, R. J., Cossé, A. A., and Zilkowski, B.W. 2012. Similarities in pheromonal communication of flea beetles, *Phyllotreta cruciferae* Goeze and *Ph. vittula* Redtenbacher (Coleoptera, Chrysomelidae). J. Appl. Entomol. 136: 688-697.
95. Tóth, M., Csonka, E., Bartelt, R. J., Cossé, A. A., Zilkowski, B.W., Muto, S. E., and Mori, K. 2005. Pheromonal activity of compounds identified from male *Phyllotreta cruciferae*: field tests of racemic mixtures, pure enantiomers, and combinations with allyl isothiocyanate. J. Chem. Ecol. 31: 2705-2720.
96. Tumlinson, J. H., Mitchell, E. R., Teal, P. E. A., Heath, R. R., and Mengelkoch, L. J. 1986. Sex pheromone of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Identification of components critical to attraction in the field. J. Chem. Ecol. 12: 1909-1926.
97. Yeh, S. F., Lee, K. C., Chang, K. T., Yen, F. C., and Hwang, J. S. 1989. Sex pheromone

components from Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) in Taiwan. J. Chem. Ecol. 15: 497-505.

ABSTRACT

Research and Development of Insect Pheromones and Their Application

Hung, C. C.[1], Chern, C. Y.[2], Wang, W. L.[1], Chang C. H.[1]、Wu, C. I.[1]、Chang, M. W.[1]

[1.] Division of Bio-pesticide, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.

[2.] Department of Applied Chemistry, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan, R.O.C.

Pheromone is one of the insect languages, with odor, to trigger different behaviors of insects, for example sex pheromone, aggregation pheromone and alarm pheromone. In order to supply pheromone products for IPM, there are 24 sex pheromone lures, 2 aggregation pheromone attractants, 3 alarm pheromone products, 1 sex pheromone disruptant, 10 types of dry traps and 1 sticky trap researched and developed by TACTRI during more 30 years. Their application techniques were also developed and extended to farmers through workshop, observation tour, demonstration and on-site counseling. Brief descriptions of research on application of pheromones and their products over the years were in this paper.

Key words: Sex pheromone, Aggregation pheromone, Alarm pheromone, Traps, Extension.